

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
27. Dezember 2012 (27.12.2012)



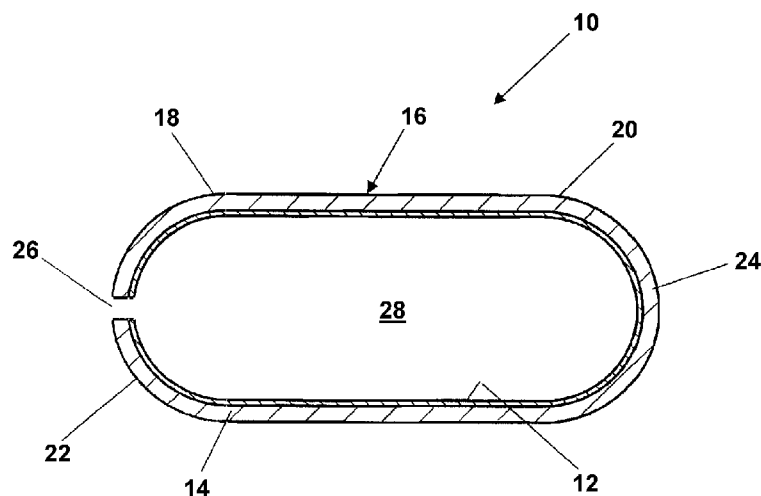
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/175498 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
F17C 1/14 (2006.01) F17C 1/06 (2006.01)
F17C 1/16 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/061712
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
19. Juni 2012 (19.06.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2011 105 426.3 22. Juni 2011 (22.06.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** MT AEROSPACE AG [DE/DE]; Franz-Josef-Strauß-Straße 5, 86153 Augsburg (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** RADTKE, Wulf [DE/DE]; Ruffini-Allee 3, 82152 Planegg (DE).
- (74) **Anwalt:** GRAPE, Knut; Grape & Schwarzensteiner Patentanwälte, Sebastiansplatz 7, 80331 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** PRESSURISED CONTAINER FOR RECEIVING AND STORING CRYOGENIC FLUIDS, IN PARTICULAR CRYOGENIC LIQUIDS, METHOD FOR PRODUCING SAME, AND USE THEREOF

(54) **Bezeichnung :** DRUCKBEHÄLTER ZUM AUFNEHMEN UND SPEICHERN VON KRYOGENEN FLUIDEN, INSBESONDERE VON KRYOGENEN FLÜSSIGKEITEN, UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG SOWIE DESSEN VERWENDUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a pressurised container for receiving and storing cryogenic fluids, consisting of a metal container forming a liner (12) and a sheath (14) which is applied to the liner and consists of fibre-reinforced plastic, wherein the liner (12) is formed from a non-magnetic metal alloy having a fully austenitic, cubic-face-centred grid structure and is cold-stretched by up to approximately 25%, in particular by less than approximately 15%, to increase the elastic range before the sheath consisting of fibre-reinforced plastic is applied.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/175498 A1



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Druckbehälters zum Aufnehmen und Speichern von kryogenen Fluiden, bestehend aus einem Liner (12) bildenden Metallbehälter und einer auf dem Liner aufgetragenen Armierung (14) aus faserverstärktem Kunststoff, wobei der Liner (12) aus einer nicht-magnetischen Metalllegierung mit voll-austenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur gebildet ist und zur Erweiterung des elastischen Bereiches vor Aufbringung der Armierung aus faserverstärktem Kunststoff um einen Betrag von bis zu etwa 25 %, insbesondere von kleiner etwa 15 %, kaltgereckt ist.

Druckbehälter zum Aufnehmen und Speichern von kryogenen Fluiden, insbesondere von kryogenen Flüssigkeiten, und Verfahren zu dessen Herstellung sowie dessen Verwendung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Druckbehälter zum Aufnehmen und Speichern von kryogenen Fluiden, insbesondere von kryogenen Flüssigkeiten, und ein Verfahren zu dessen Herstellung sowie dessen Verwendung.

10

Derartige Druckbehälter zur Speicherung kryogener Flüssigkeiten, insbesondere von flüssigem Wasserstoff (LH₂), der aufgrund seiner Energieeffizienz und Umweltverträglichkeit als Treibstoff dient, sind allgemein bekannt. Dabei sind diese Druckbehälter aus einem einen Liner bildenden Metallbehälter und einer auf dem Liner aufgetragenen Armierung aus faserverstärktem Kunststoff gebildet. Solche Druckbehälter bzw. Tanks können in allen automotiven Bereichen, wie der Luft- und Raumfahrt, im Schiffs- und Bootsbau und insbesondere in der Automobilindustrie, Anwendung finden.

20

Flüssiger Wasserstoff (LH₂) geht bei einer Temperatur von etwa 20 K (- 253 °C) bei Umgebungsdruck in den gasförmigen Zustand über und ist daher bei Raumtemperatur nicht lagerfähig. Um eine Lagerung mit hoher Speicherdichte in der flüssigen und/oder gasförmigen Phase zu ermöglichen, erfolgt die Speicherung des Wasserstoffs entweder bei tiefkalten (kryogenen) Temperaturen und unter möglichst hohem Druck bis in den überkritischen Bereich hinein oder bei Temperaturen bis zu etwa + 100 °C ebenfalls unter hohem Druck. Das Behältermaterial muss daher eine möglichst hohe (Druck-)Wasserstoffbeständigkeit und Kaltzähigkeit aufweisen. Zudem muss der Druckbehälter bzw. Tank aufgrund des gewünschten Einsatzbereiches extrem leicht sein.

25

30

35

Bisher in der Praxis verwendete Liner von Druckbehältern aus voll-austenitischem Stahl besitzen allesamt einen mangelnden elastischen Bereich, errechnet nach Hooke aus dem Verhältnis von Streckgrenze und E-Modul. Ein geringerer elastischer Be-

reich aber bedeutet wiederum, dass zur Einschränkung der Betriebsbelastung des Liners auf den elastischen Bereich (zur Vermeidung von Kurzzeitermüdung (low cycle fatigue) unter der Wirkung der Druck- und Temperatur-Zyklen eine stärkere Armierung aus faserverstärktem Kunststoff, möglicherweise auch verbunden mit zusätzlicher Zwischenhärtung zur Vermeidung von Enggelhaar, aufgewendet werden muss. Dies führt zu einer Gewichtszunahme der Druckbehälter, vergrößert zudem das nicht nutzbare Volumen und ist mithin insgesamt ausgesprochen kostenaufwendig in Herstellung der Druckbehälter.

Um die mechanische Festigkeit von Druckgasbehältern aus austenitischen Stählen zu erhöhen, ist in der DE 37 26 960 A1 und der EP 0 243 663 B1 eine Kryoverformung eines aus einer austenitischen Stahllegierung hergestellten Rohbehälters vorgeschlagen. Eine solche Kryoverformung weist allerdings den erheblichen Nachteil auf, dass Martensit im austenitischen Grundgefüge gebildet wird. Der Martensit bewirkt unter der Einwirkung von Wasserstoff und der vorherrschenden kryogenen Temperatur eine Versprödung und ist deshalb nicht erwünscht.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Druckbehälter zum Aufnehmen und Speichern von Flüssigkeiten, insbesondere von kryogenen Fluiden, zur Verfügung zu stellen, mit welchem sich die obigen Nachteile verhindern lassen, welcher mithin konstruktiv besonders einfach, zugleich kompakt und stabil sowie sehr leichtbauend ist, einen erweiterten elastischen Bereich und eine hohe (Druck-)Wasserstoffverträglichkeit sowie Tieftemperatureignung aufweist und in der Herstellung ausgesprochen kostengünstig ist, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung sowie dessen Verwendung bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird auf überraschend einfache Weise durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch die Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Druckbehälters zum Aufnehmen und Speichern von kryogenen Fluiden, insbesonde-

re von kryogenen Flüssigkeiten, der aus einem einen Liner bildenden Metallbehälter und einer auf dem Liner aufgetragenen Armierung aus faserverstärktem Kunststoff gebildet ist, wobei der Liner aus einer nicht-magnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur gebildet ist und zur Erweiterung bzw. Erhöhung des elastischen Bereiches und/oder zur Erhöhung der Streckgrenze vor Aufbringung der Armierung aus faserverstärktem Kunststoff um einen Betrag von bis zu etwa 25 %, insbesondere von kleiner etwa 15 %, kaltgereckt bzw. kaltverfestigt ist, wird eine besonders einfache, zudem kompakte und stabile Bauweise des Druckbehälters von verhältnismäßig geringem Gewicht erreicht. Zugleich weist der erfindungsgemäße Druckbehälter einen erweiterten, ausgesprochen hohen elastischen Bereich auf. Einerseits steigt der elastische Bereich bei Linern aus einer nicht-magnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur per se bereits mit sinkender Temperatur erheblich an, so dass bei kryogener Temperatur der elastische Bereich von Linern aus Aluminium-Legierungen erreicht oder gar überschritten wird, auch wenn der elastische Bereich von Ersteren bei Raumtemperatur deutlich, ungefähr in einer Größenordnung von 50 %, unter demjenigen von Letzteren liegt. Andererseits lässt sich durch die Kaltverfestigung selbst zusätzlich eine Erhöhung der Streckgrenze bei konstantem E-Modul erreichen, aus deren Quotient ein solcher erhöhter elastischer Bereich resultiert. So ist bei Linern aus einer nicht-magnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur die Neigung zur Erweiterung des elastischen Bereiches unter Kaltverformung außergewöhnlich. Im Vergleich zu Linern aus Aluminium-Legierungen ist der Koeffizient der Erweiterung des elastischen Bereiches durch plastische Verformung (Recken) verdoppelt oder gar verdreifacht. Daraus folgt, dass bei Linern aus einer nicht-magnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur eine Kaltverformung bereits bei geringem Verformungsgrad zu erheblicher Erhöhung des elastischen Bereiches führt. Tatsächlich aber führt das Kaltrecken darüber hinaus sogar zu einer Absenkung des E-Moduls,

wodurch zusätzlich ein auf die Erhöhung des Quotienten doppelt günstig wirkender Effekt eintritt. Bei alledem lassen sich damit eine hohe (Druck-)Wasserstoffverträglichkeit sicherstellen und eine Tieftemperatur-Versprödung zuverlässig begrenzen oder vermeiden. Schließlich gestaltet sich die Herstellung des erfindungsgemäßen Behälters einfach und wenig arbeitsintensiv und ist somit in der Herstellung ausgesprochen kostengünstig.

Im Ergebnis zeichnet sich der Druckbehälter nach der Erfindung durch eine Vielzahl von Vorteilen aus. Der Liner besteht auch noch nach einer vorgenommenen Kaltumformung aus einer nicht-magnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur. Vorteilhafterweise werden dabei die hohe Ausgangsstreckgrenze der nicht-magnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur vor der Kaltumformung und deren ausgesprochen hohe Kaltverfestigungsneigung ausgenutzt. Mit einer zusätzlichen Kaltverformung lässt sich ohne Schwierigkeit eine hohe Streckgrenze $R_{p0,2}$ von mindestens 800 MPa oder mehr erhalten. Eine hohe Streckgrenze $R_{p0,2}$ wiederum wirkt sich vorteilhaft auf einen möglichst hohen elastischen Bereich ε gemäß Hooke ($\varepsilon = R_{p0,2} / E$) aus. Die Kaltverformung kann zugleich eine Verminderung des E-Moduls bewirken, was sich ebenfalls günstig auf die Erweiterung des elastischen Bereiches auswirkt.

Weitere vorteilhafte Einzelheiten des erfindungsgemäßen Behälters sind in den Ansprüchen 2 bis 10 beschrieben.

Von ganz besonders großer Bedeutung sind die konstruktiven Maßnahmen des Anspruchs 2, wonach der Liner aus einem U-Boot-Stahl gebildet ist. Bei U-Boot-Stahl als für den Liner erfindungsgemäß vorgesehenen Werkstoff handelt es sich um einen Vollaustenit, d.h. um einen Stahl mit vollaustenitischer Gitterstruktur, der für den Einsatz bei tiefkalten Temperaturen geeignet ist, eine gute (Druck-)Wasserstoffverträglichkeit aufweist und in seinen Materialeigenschaften durch Kaltrecken eine Erweiterung des elastischen Bereiches und somit einen erhöhten elastischen Bereich als Funktion des Reckgrades

erfährt.

Dies lässt sich in ganz besonders vorteilhafter Weise durch die Merkmale des Anspruchs 3 erreichen, wonach der Liner aus der Metalllegierung 1.3914, 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964, 1.3965, 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 oder 27-7 Mo gebildet ist.

10 Unter diesen Metalllegierungen zeichnet sich die Metalllegierung 1.3974 aufgrund des vergleichsweise hohen Stickstoffgehaltes besonders aus, der einerseits zu einer außergewöhnlichen Festigkeitssteigerung durch Kaltverformung führt und andererseits hinsichtlich der Ausscheidung von Sprödphasen verzögernd wirkt, was wiederum die Schweißbarkeit erleichtert. Ein ähnlich hohes Verfestigungsverhalten als Funktion eines geringeren Kaltumformgrads zeigt die Metalllegierung 1.3914 vermutlich wegen einer ähnlichen chemischen Zusammensetzung.

20 Entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 4 ist der Liner erfindungsgemäß aus wenigstens zwei miteinander zu verschweißenden Einzelteilen zu einem Metallbehälter gefügt.

Weiterhin liegt es im Rahmen der Erfindung, den Liner nach Anspruch 5 teilweise oder vollständig, d.h. lediglich lokal oder in seiner Gesamtheit, kaltzuverfestigen.

Von besonderem Interesse für eine weitere Erhöhung der Ausgangsstreckgrenze sind die Maßnahmen des Anspruchs 6, wonach der Liner, insbesondere teilweise oder vollständig, d.h. lediglich lokal oder in seiner Gesamtheit, vor Aufbringung der Armierung aus faserverstärktem Kunststoff, vorzugsweise nach dem Schweißen und ganz bevorzugt noch vor dem Kaltrecken, einer Aufstick-Behandlung mittels Stickstoff oder Ammoniak unterzogen ist. Mit diesen legierungstechnischen Maßnahmen können der Stickstoffgehalt, der wiederum durch hohe Chrom- und Mangan-Gehalte, sowie gegebenenfalls durch Zusatz von Niob, gesteigert zu werden vermag, und damit einhergehend der ela-

stische Bereich und die Streckgrenze des Liners zusätzlich erhöht werden. Die Löslichkeit von Stickstoff in vollaustenitischen Stählen kann insbesondere auch durch die Legierungselemente Nickel, Vanadium und Molybdän angehoben werden. Bei einem Einsatz von Nickel ist zur Sicherstellung des vollaustenitischen Zustands ein Anteil von mindestens 13 % bevorzugt. So ist die erfindungsgemäße Kaltverfestigung umso wirksamer, umso höher der Gehalt an Stickstoff in dem Werkstoff bzw. der Metallegierung des Liners ist.

10

In diesem Zusammenhang ist es von besonderem Vorteil, dass der Liner nach Anspruch 7, insbesondere teilweise oder vollständig, bei einer Temperatur von größer etwa 1.000 °C, insbesondere in einem Temperaturbereich zwischen etwa 1.000 und etwa 1.200 °C, mittels Stickstoff oder Ammoniak behandelt ist. Mit hin erfolgt die Aufstick-Behandlung bei der Temperatur des Lösungsglühens des Werkstoffes des Liners. Hierdurch kann der Stickstoff vollständig in Lösung gebracht werden. Zudem lässt sich die Bildung von Sprödphasen, wie die Sigma-Phase, die Chi-Phase oder die Chrom-Nitrid-Phase, und damit einhergehend die Bildung von versprödet wirkenden Nitriden vermeiden, die sich bei Aufstickungs-Temperaturen unterhalb von ca. 1.050 °C bilden. Darüber hinaus ist die Diffusionsgeschwindigkeit bei Temperaturen von größer etwa 1.050 °C so groß, dass bei typischen Liner-Wanddicken von ca. 1,0 mm ein "Durchlegieren" mit Stickstoff in kommerziell vernünftigen Zeiten möglich ist.

15

20

25

30

Entsprechend Anspruch 8 ist der Liner in vorteilhafter Weise nach der Aufstick-Behandlung mittels Hochdruck-Schnellkühlung, insbesondere mit Stickstoff oder Argon, abgeschreckt. Durch ausreichend schnelles Abkühlen von der Temperatur des Lösungsglühens kann der eingebrachte Stickstoff im gelösten Zustand gehalten werden.

35

Weiterhin liegt es im Rahmen der Erfindung, dass der Liner nach Anspruch 9, insbesondere teilweise oder vollständig, d.h. lediglich lokal oder in seiner Gesamtheit, vor dem Kaltrecken lösungsgeglüht ist.

Nach Anspruch 10 ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Liner, insbesondere teilweise oder vollständig, d.h. lediglich lokal oder in seiner Gesamtheit, nach dem Kaltrecken bevorzugt getempert ist. Das Tempern führt neben dem Abbau von Eigen-
5 spannungen zu einer weiteren Steigerung der Streckgrenze einerseits und zur Erweiterung des elastischen Bereiches andererseits bzw. umgekehrt zur Reduktion des erforderlichen Reckgrades.

10

Diese Aufgabe wird weiterhin in verfahrenstechnischer Hinsicht auf überraschend einfache Weise durch die Merkmale des Anspruchs 11 gelöst.

15

Die Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Druckbehälters für kryogene Flüssigkeiten, der aus einem einen Liner bildenden Metallbehälter und einer auf dem Liner aufgetragenen Armierung aus faserverstärktem Kunststoff gebildet wird, wobei der Liner aus einer nicht-
20 magnetischen Metalllegierung mit voll-austenitisch kubisch flächenzentrierter Gitterstruktur gebildet wird und zur Erweiterung bzw. Erhöhung des elastischen Bereiches und/oder zur Erhöhung der Streckgrenze vor Aufbringung der Armierung aus faserverstärktem Kunststoff um einen Betrag von bis zu etwa

25

25 %, insbesondere von kleiner etwa 15 %, kaltgereckt wird, indem ein in Form und Abmessung kleinerer Rohling des Liners in eine Form oder ein Gesenk verbracht wird, der Rohling des Liners sodann mit einem hydraulischen oder pneumatischen Druckmedium beaufschlagt wird, derart, dass der Rohling des

30

Liners zu dem in Form und Abmessung von Form oder Gesenk entsprechenden Liner umgeformt und wenigstens mit der Form oder dem Gesenk zur Anlage kommt, und der Liner der Form oder dem Gesenk entnommen wird, hat sich in der Praxis neben den bereits im Zusammenhang mit dem Druckbehälter nach der Erfindung

35

beschriebenen Vorteilen, welche das erfindungsgemäße Verfahren gleichermaßen aufweist, als besonders vorteilhaft erwiesen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich daher durch Verwendung einer Form oder eines Gesenkes besonders einfach,

ohne großen Aufwand und auf ausgesprochen materialschonende Weise eine reproduzierbare Einstellung der gewünschten Geometrie der mit Kunststoff zu bewickelnden Form des Liners und damit einhergehend eine serienmäßige Fertigung erreichen. Der erfindungsgemäß zum Einsatz kommende Werkstoff mit bereits hoher Ausgangsstreckgrenze ist dabei von besonderem Vorteil, da zur Erreichung einer hohen Streckgrenze ein nur geringer Kaltumformgrad erforderlich ist. Dies ist wünschenswert, da unvermeidliche Werkstoff- und Geometrie-Imperfektionen umso schneller zum Versagen beim Kaltrecken führen, je höher der erforderliche Umformgrad sein muss. Dies gilt insbesondere für Schweißnähte.

Weitere vorteilhafte Einzelheiten der erfindungsgemäßen Verfahren sind in den Ansprüchen 12 bis 22 beschrieben.

In ganz vorteilhafter Weise wird der Liner nach Anspruch 12 aus einem U-Boot-Stahl gebildet.

In diesem Zusammenhang wird der Liner nach dem Anspruch 13 bevorzugt aus der Metalllegierung 1.3914, 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964, 1.3965, 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 oder 27-7 Mo gebildet.

Des Weiteren liegt es im Rahmen der Erfindung, dass der Liner nach Anspruch 14 aus wenigstens zwei miteinander zu verschweißenden Einzelteilen zu einem Metallbehälter gefügt wird.

Weiter ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Liner nach den Maßnahmen des Anspruchs 15 teilweise oder vollständig kaltgereckt wird.

Von besonderer Bedeutung für das erfindungsgemäße Verfahren sind die Merkmale des Anspruchs 16, dass nämlich der Rohling des Liners durch konstanten Druck des hydraulischen oder pneumatischen Druckmediums an die Form oder dem Gesenk angepresst wird. Beim Kaltrecken wird der Liner des erfindungsgemäß aus-

gebildeten Druckbehälters in die Form oder das Gesenk quasi "hineingeblasen", so dass bei beginnendem Anliegen des Liners an der Form bzw. am Gesenk bzw. bei weiter fortschreitendem Anpressen des Liners an die Form bzw. an das Gesenk bei zu-

5 nächst konstanter Förderrate des hydraulischen oder pneumatischen Druckmediums ein sehr starker Anstieg des Druckes desselben stattfindet. Mithin kann eine einfache Druckbegrenzung als Abschaltkriterium ausgenutzt werden.

10 Das Kaltrecken durch sogenanntes "Aufblasen" bei erniedrigter Temperatur, d.h. aus praktischen Gründen etwa mittels flüssigen Stickstoffs, verbessert zusätzlich die Verformbarkeit des Liners des erfindungsgemäßen Druckbehälters durch die bei

15 vollaustenitisch kubisch-flächenzentrierten Werkstoffen bekannte Homogenisierung der Verformung und den mithin gesteigerten maximal möglichen Umformgrad zusätzlich und in erheblichem Umfang.

Entsprechend den verfahrenstechnischen Maßnahmen des Anspruchs

20 17 kann der Liner, insbesondere teilweise oder vollständig, vor Aufbringung der Armierung aus faserverstärktem Kunststoff, vorzugsweise nach dem Schweißen, und ganz bevorzugt noch vor dem Kaltrecken, einer Aufstick-Behandlung mittels Stickstoff oder Ammoniak unterzogen werden, um den Stickstoffgehalt und

25 damit einhergehend den elastischen Bereich und die Streckgrenze des Liners selbst zu erhöhen.

Dabei ist es von besonderem Vorteil, dass der Liner gemäß

30 Anspruch 18, insbesondere teilweise oder vollständig, bei einer Temperatur von größer etwa 1.000 °C, insbesondere in einem Temperaturbereich zwischen etwa 1.000 und etwa 1.200 °C, mittels Stickstoff oder Ammoniak behandelt wird.

Vorzugsweise wird der Liner entsprechend den Merkmalen des An-

35 spruchs 19 nach der Aufstick-Behandlung mittels Hochdruck-Schnellkühlung, insbesondere mit Stickstoff oder Argon, abgeschreckt.

Nach Anspruch 20 ist erfindungsgemäß weiterhin vorgesehen, dass der Liner, insbesondere teilweise oder vollständig, vor dem Kaltrecken einem Lösungsglühen unterzogen wird.

- 5 Entsprechend den Maßnahmen des Anspruchs 21 wird der Liner, insbesondere teilweise oder vollständig, nach dem Kaltrecken einem Tempern unterzogen.

Schließlich liegt es noch im Rahmen der Erfindung, den erfindungsgemäßen Druckbehälter zum Aufnehmen und Speichern von Flüssigkeiten, insbesondere von kryogenen Fluiden, vorzugsweise von Sauerstoff und Wasserstoff, nach Anspruch 22 in Fahrzeugen, insbesondere in Luftfahrzeugen oder Fluggeräten der Luft- und Raumfahrt, vorzugsweise in Flugzeugen und Raumflugkörpern, insbesondere in Wasserfahrzeugen, vorzugsweise in einem U-Boot oder Luftkissenfahrzeug (Hovercraft), oder insbesondere in Landfahrzeugen, vorzugsweise in einem Personenkraftwagen, Personenbeförderungswagen, wie einem Bus oder Kleinbus, Lastkraftwagen oder Wohnmobil, zu verwenden. Ganz besonders eignet sich der erfindungsgemäße Druckbehälter für Wasserstofftanks von Kraftfahrzeugen, Raketen-Treibstofftanks, Satellitentanks oder Hochdrucktanks, insbesondere Hochdruck-Gastanks, etwa für Helium, vorzugsweise als komplette Tanks gelagert im flüssigen Wasserstoff, wobei die extrem tiefe Temperatur eine Verkleinerung des Volumens des Hochdrucktanks erlaubt.

Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sowie anhand der Zeichnung. Hierbei zeigt die

Fig. eine schematische Längsschnittansicht durch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäß ausgebildeten Druckbehälters.

Der erfindungsgemäße Druckbehälter 10 zum Aufnehmen und Speichern von Flüssigkeiten, insbesondere von kryogenen Fluiden,

vorzugsweise von Sauerstoff und Wasserstoff, findet in vor-
teilhafter Weise in Fahrzeugen, insbesondere in Luftfahrzeugen
oder Fluggeräten der Luft- und Raumfahrt, vorzugsweise in
Flugzeugen und Raumflugkörpern, insbesondere in Wasserfahrzeu-
5 gen, vorzugsweise in einem U-Boot oder Luftkissenfahrzeug
(Hovercraft), oder insbesondere in Landfahrzeugen, vorzugswei-
se in einem Personenkraftwagen, Personenbeförderungswagen, wie
einem Bus oder Kleinbus, Lastkraftwagen oder Wohnmobil, Ver-
wendung. In ganz besonderem Maße lässt sich der erfindungsge-
10 mäßige Druckbehälter 10 für einen Wasserstofftank eines Kraft-
fahrzeuges oder einen Raketen-Treibstofftank oder Satelliten-
tank eines Fluggerätes der Luft- und Raumfahrt oder einen
Hochdrucktank oder Hochdruck-Gastank einsetzen. Insbesondere
Hochdruck-Gastanks, etwa für Helium, vorzugsweise als komplet-
15 te Tanks gelagert im flüssigen Wasserstoff, wobei die extrem
tiefe Temperatur eine Verkleinerung des Volumens des Hoch-
druck-Gastanks erlaubt, finden in geeigneter Weise Verwendung
als erfindungsgemäßer Druckbehälter 10.

20 Die in der Fig. schematisch dargestellte Ausführungsform des
Behälters 10 nach der Erfindung umfasst einen Metallbehälter,
der einen Liner 12 bildet, und eine Armierung 14 aus faserver-
stärktem Kunststoff, die auf dem Liner 12 aufgebracht ist.

25 Wie der Fig. entnehmbar ist, weist der Liner 12 einen im We-
sentlichen zylindrischen Abschnitt 16 auf. An den jeweiligen
Enden 18 und 20 des zylindrischen Abschnitts 16 grenzen dom-
förmige Abschnitte 22 und 24 an. Diese können integral mit dem
zylindrischen Abschnitt 16 ausgebildet oder vor dem Kaltrecken
30 angeschweißt sein. An wenigstens einem der domförmigen Ab-
schnitte 22 oder 24 ist ein Flaschenkopf 26 (nicht darge-
stellt) integrierbar, beispielsweise ebenfalls verschweißbar.

Es ist bekannt, dass Metalle und Metalllegierungen, welche
35 häufig oder sogar ständig Wasserstoff ausgesetzt sind, einer
Versprödung unterworfen sind. Ein Maß hierfür ist der soge-
nannte Versprödungsindex, der jedoch keine Vorhersage der tat-
sächlichen Materialeigenschaften im Einsatz zulässt, da die

Bruchfestigkeit eines Materials in einer (Druck-)Wasserstoffumgebung von den verschiedensten Faktoren beeinflusst wird, wie dem Wasserstoffgasdruck, der Temperatur und der Zugspannung. Es müssen daher alle relevanten Eigenschaften für einen bestimmten Einsatzbereich bei der Auswahl geeigneter Legierungen für einen Wasserstofftankliner in Betracht gezogen werden.

Neben der (Druck-)Wasserstoffverträglichkeit und Tieftemperatureignung sind als Auswahlkriterien allem voran ein erweiterter elastischer Bereich und eine hohe Streckgrenze zu nennen. Diese Eigenschaften müssen in einem Temperaturbereich von etwa 4 K bis ca. 400 K und bei Drücken bis zu etwa 700 bar weitgehend stabil sein.

Der erfindungsgemäße Liner 12 besteht aus einer nichtmagnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubischflächenzentrierter Gitterstruktur und ist insbesondere aus einem U-Boot-Stahl, vorzugsweise aus der Metalllegierung 1.3914, 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964, 1.3965, 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 oder 27-7 Mo, gebildet.

Aus den vorher genannten Werkstoffen wird der erfindungsgemäße Druckbehälter 10 in üblicher Weise hergestellt bzw. mit Hilfe vorgefertigter Bauelemente (beispielsweise der zylinderförmige Abschnitt 16 und die domförmigen Abschnitte 22, 24) zusammengesetzt bzw. geschweißt. Alternativ dazu ist es ebenso denkbar, einen nahtlos geformten Liner 12 vorzusehen. An geeigneten Abschnitten des Druckbehälters 10 ist wenigstens ein Flaschenkopf 26 zum Befüllen und Entleeren integrierbar.

Vor dem Kaltrecken kann der Liner 12 bzw. ein Rohling (nicht dargestellt) des Liners 12 vorzugsweise einem Lösungsglügen unterzogen werden.

Zum Kaltrecken wird der Rohling des Liners 12, der in Form und Abmessung kleiner ausgestaltet ist als der herzustellende Liner 12, in eine Form oder ein Gesenk (nicht gezeigt) ver-

bracht. Der Rohling des Liners 12 wird sodann mit einem hydraulischen oder pneumatischen Druckmedium beaufschlagt, das an das Innere 28 des Liners 12 angelegt wird. Durch das hydraulische oder pneumatische Druckmedium wird der Rohling des Liners 12 zu dem in Form und Abmessung von Form oder Gesenk entsprechenden Liner 12 umgeformt, quasi "aufgeblasen". Dabei kommt der umzuformende Rohling des Liners 12 wenigstens mit der Form oder dem Gesenk zur Anlage und/oder wird darüber hinausgehend an die Form oder das Gesenk weiter angepresst. Der Liner 12 wird dabei um einen Betrag von bis etwa 25 %, insbesondere von kleiner etwa 15 %, kaltgereckt.

Kumulativ zu der Beaufschlagung des Rohlings des Liners 12 mit dem hydraulischen oder pneumatischen Druckmedium ist es von besonderem Vorteil, den Rohling des Liners 12 mit mechanischen Mitteln axial zu längen. Dies kann während und/oder nach der Beaufschlagung mit dem Druckmedium erfolgen. Bei Abkühlung des erfindungsgemäßen Druckbehälters 10 lässt sich somit eine gegebenenfalls lokal auftretende Überlastung des Liners 12 im bestimmungsgemäßen Betrieb unter Innendruck wirksam vermeiden.

Schließlich wird der Liner 12 der Form oder dem Gesenk entnommen.

Nach dem Kaltrecken wird der Liner 12 noch bevorzugt einem Tempern unterzogen.

Entsprechend vorgesehenen legierungstechnischen Maßnahmen kann der Liner 12, insbesondere teilweise oder vollständig, vor Aufbringung der Armierung aus faserverstärktem Kunststoff, einer Aufstick-Behandlung mittels Stickstoff oder Ammoniak unterzogen werden. Vorzugsweise wird die Aufstick-Behandlung nach dem Schweißen und damit noch vor dem Kaltrecken vorgenommen. Auf diese Weise werden der Stickstoffgehalt und damit einhergehend der elastische Bereich und die Streckgrenze des Liners 12 selbst erhöht.

Dabei ist es von besonderem Vorteil, dass der Liner, insbeson-

dere teilweise oder vollständig, bei einer Temperatur von größer etwa 1.000 °C mittels Stickstoff oder Ammoniak behandelt wird. Vorzugsweise erfolgt das Aufsticken in einem Temperaturbereich zwischen etwa 1.000 und etwa 1.200 °C in Stickstoff- oder Ammoniakatmosphäre mit geeignetem Stickstoff- bzw. Ammoniakdruck. Das Aufsticken findet mithin in einem Temperaturbereich des Lösungsglühens statt.

Nach der Aufstick-Behandlung wird der Liner 12 mittels Hochdruck-Schnellkühlung, insbesondere mit Stickstoff oder Argon, abgeschreckt.

Im Anschluss daran wird die Armierung 14 des erfindungsgemäßen Druckbehälters 10 unter entsprechender Vorspannung gewickelt.

Die Armierung 14 des Druckbehälters 10 nach der Erfindung ist aus einem Faserverbundkunststoff aufgebaut. Die Armierung 14 liegt unter Spannung an dem Liner 12 aus der weiter oben für die Erfindung definierten Metalllegierung an. Der Liner 12 kleidet im gezeigten Fall die Armierung 14 vollständig aus.

Der Druckbehälter 10 kann im Nasswickelverfahren und Harzinfiltrationsverfahren mit dem Faserverbund ausgerüstet werden. Wesentlich ist, dass der die Außenwand bildende Faserverbund im ausgehärteten Zustand unter Spannung an dem die Innenwand bildenden Liner 12 anliegt. Es können vorgetränkte Faserbündel oder -stränge, sogenannte Rovings, verwendet werden. Das Verfahren zur Ausbildung des faserverstärkten Kunststoffes auf dem Liner 12 soll jedoch nicht auf das Nasswickelverfahren beschränkt sein. So kann ebenso das Prepregwickelverfahren oder das Einzelstrang-Wickelverfahren zum Einsatz kommen.

Die Fasern sind vorzugsweise Kohlenstoff-, Glas-, Basalt-, Aramid- und/oder Keramikfasern, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Vielmehr können alle thermisch und mechanisch hochfesten Fasern Anwendung finden. Neben Glasfasern besitzen Basaltfasern den Vorteil eines deutlich positiven Ausdehnungskoeffizienten und gestatten mithin eine Reduzierung der Diffe-

renz des Wärmeausdehnungskoeffizienten zum Liner 12.

Obwohl Polyurethanharze geeignet sind, werden wegen ihres duroplastischen Verhaltens und ihrer besseren Verarbeitbarkeit hauptsächlich Epoxidharze eingesetzt. Denkbar sind jedoch auch Harzgemische, beispielsweise aus Polyurethan und Epoxid.

Beispiel

10 Durch geeignete Werkstoffwahl kann ein höheres Verfestigungsverhalten als Funktion eines geringeren Kaltumformgrads bereitgestellt werden. Beide Eigenschaften werden durch U-Boot-Stahl im Allgemeinen und U-Boot-Stahl der Metalllegierung 1.3974 besonders vorteilhaft erfüllt.

15

Wenn man einmal vom Dichteunterschied zwischen Aluminium und Stahl absieht, wird ein gleicher elastischer Bereich wie beim Aluminium 6110A mit einer Streckgrenze von 990 MPa erreicht. Gemäß Werkstoffleistungsblatt bedarf es dazu bei der Metalllegierung 1.3974 einer Kaltverformung von 15 %. Gleichzeitig wächst die Zugfestigkeit auf 1.060 MPa an. Die Bruchdehnung fällt auf 24 % ab (alle Werte bei Raumtemperatur).

20

Das Tempern führt neben dem Abbau von Eigenspannungen zu einer weiteren Steigerung der Streckkennwerte bzw. umgekehrt zur Reduktion des erforderlichen Reckgrades. Die Wirkung des Temperns kann als Reckalterung bzw. als Blockierung von Versetzungen, die durch das Kaltrecken eingebracht wurden, durch Stickstoffatome interpretiert werden. Je höher der Kaltumformgrad und je höher der Stickstoffgehalt, umso größer fällt die Erweiterung des elastischen Bereiches aus. Nachfolgende Tab. 1 zeigt die Materialeigenschaften vor und nach Kaltrecken im Überblick.

30

Metalllegierung und Behandlung	Streckgrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit R_m	Bruch- dehnung A
	MPa	MPa	%
1.3974 gegläht	≥ 480	850 - 1050	≥ 35
1.3974 gegläht + 15 % kaltgereckt	~ 990	~ 1060	~ 24
1.3974 gegläht, 15 % kaltgereckt + getempert	> 990	> 1060	Noch zu ermit- teln

Tab. 1

5 Kaltverformung von 15 % bedeutet, dass der Rohling des Liners vor dem Kaltrecken nur einen Durchmesser von knapp 87 % des
gewünschten Enddurchmessers des Liners selbst vor dem Wickeln
und Vorspannen aufweist. Nachdem der Grundwerkstoff im einach-
sigen Zugversuch zumindest bis zu einem Kaltumformgrad von
10 40 % linear reagiert, ergibt sich mit einem Umformgrad 15 %
bereits eine ausreichend hohe Sicherheit.

Durch die getroffene Materialauswahl für den Liner 12 und die
Kaltstreckung dessen kann ein Druckbehälter 10 zur Verfügung
15 gestellt werden, der eine verbesserte Lagerfähigkeit für flüs-
sigen und/oder gasförmigen Wasserstoff aufgrund Hochdruckwas-
serstofftoleranz und aufgrund der Eignung für kryogene Tempe-
raturen besitzt. Gleichzeitig sind Anforderungen hinsichtlich
der Steifigkeit und dem elastischen Bereich sowie Anforderun-
20 gen hinsichtlich dem Beulverhalten und Leichtbauanforderungen
optimal erfüllt.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellte Aus-
führungsform des Liners 12 beschränkt. So ist es ohne weiteres
25 möglich, zwei Zylinder halber Gesamtlänge mit jeweils integra-
len Domen, welche beispielsweise durch eine geeignete Umform-
technik, wie Drückwalzen, eines entsprechend geformten Roh-

lings hergestellt werden, durch eine in der Mitte der Länge des Druckbehälters liegende Schweißnaht zum Liner 12 zu fügen. Kugelförmige Druckbehälter oder Druckbehälter mit beliebiger anderer rotationssymmetrischer und/oder nicht rotationssymmetrischer Form sind ebenfalls möglich. Zum Beispiel können die domförmigen Abschnitte 22 halbkugelförmig, kugelkappenförmig, kalottenförmig, ellipsoidkallottenförmig, konisch, elliptisch, in Cassini-Form, Halb-Torus-förmig oder mit dergleichen anderen Querschnittsformen ausgebildet sein.

10

Darüber hinaus ist es grundsätzlich auch denkbar, das Aufsticken erst nach einem (teilweisen oder vollständigen) Kaltrecken durchzuführen. Beliebige weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, welche ein Kaltrecken und/oder Aufsticken in unterschiedlichster zeitlicher Abfolge vorsehen sowie gleichermaßen von der Lehre der Erfindung mitumfasst und abgedeckt sind, sind in der nachfolgenden Tab. 2 beispielhaft angeführt.

15

Kaltrecken	Aufsticken + Kaltrecken I	Aufsticken + Kaltrecken II	Aufsticken + Kaltrecken III
Einzelteile fertigen und zum Liner schweißen	Einzelteile fertigen und zu Halblinern schweißen	Einzelteile fertigen und zu Halblinern schweißen	Einzelteile fertigen und zu Halblinern schweißen
Globales Kaltrecken	Aufsticken der Liner-Hälften	Aufsticken der Liner-Hälften	Aufsticken der Liner-Hälften
(Tempern)	Schweißen zum Liner (kleinerer Naht-Ø)	Schweißen zum Liner (kleinerer Naht-Ø)	Schweißen zum Liner
	Lokales Kaltrecken der Naht	Lokales Aufsticken der Montage-Schweißnaht	Lokales Aufsticken der Montage-Schweißnaht
	(Tempern)	Lokales Kaltrecken der Naht	Globales Kaltrecken
		(Tempern)	(Tempern)

20

Tab. 2

Patentansprüche

- 5 1. Druckbehälter zum Aufnehmen und Speichern von kryogenen Fluiden, insbesondere von kryogenen Flüssigkeiten, der aus einem einen Liner (12) bildenden Metallbehälter und einer auf dem Liner (12) aufgebrachtten Armierung (14) aus faserverstärktem Kunststoff gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus einer nicht-magnetischen Metalllegierung mit voll-austenitisch kubisch-flächenzentrierter Gitterstruktur gebildet ist und zur Erweiterung des elastischen Bereiches vor Aufbringung der Armierung (14) aus faserverstärktem Kunststoff um einen Betrag von bis zu etwa 25 %, insbesondere von kleiner etwa 15 %, kaltgereckt ist.
- 10 2. Druckbehälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus einem U-Boot-Stahl gebildet ist.
- 20 3. Druckbehälter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus der Metalllegierung 1.3914, 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964, 1.3965, 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 oder 27-7 Mo gebildet ist.
- 25 4. Druckbehälter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus wenigstens zwei miteinander zu verschweißenden Einzelteilen zu einem Metallbehälter gefügt ist.
- 30 5. Druckbehälter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) teilweise oder vollständig kaltgereckt ist.
- 35 6. Druckbehälter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12), insbesondere teilweise oder vollständig, vor Aufbringung der Armierung (14) aus faserverstärktem Kunststoff, vorzugsweise nach dem Schwei-

Ben, und ganz bevorzugt vor dem Kaltrecken, einer Aufstick-
Behandlung mittels Stickstoff oder Ammoniak unterzogen ist.

- 5 7. Druckbehälter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass
der Liner (12), insbesondere teilweise oder vollständig,
bei einer Temperatur von größer etwa 1.000 °C, insbesondere
in einem Temperaturbereich zwischen etwa 1.000 und etwa
1.200 °C, mittels Stickstoff oder Ammoniak behandelt ist.
- 10 8. Druckbehälter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch ge-
kennzeichnet, dass der Liner (12) nach der Aufstick-
Behandlung mittels Hochdruck-Schnellkühlung, insbesondere
mit Stickstoff oder Argon, abgeschreckt ist.
- 15 9. Druckbehälter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch ge-
kennzeichnet, dass der Liner (12), insbesondere teilweise
oder vollständig, vor dem Kaltrecken lösungsgeglüht ist.
- 20 10. Druckbehälter nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch ge-
kennzeichnet, dass der Liner (12), insbesondere teilweise
oder vollständig, nach dem Kaltrecken getempert ist.
- 25 11. Verfahren zur Herstellung eines Druckbehälters für kryogene
Flüssigkeiten, der aus einem einen Liner (12) bildenden Me-
tallbehälter und einer auf dem Liner (12) aufgebrachtten Ar-
mierung (14) aus faserverstärktem Kunststoff gebildet wird,
insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
durch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus einer nicht-
magnetischen Metalllegierung mit vollaustenitisch kubisch
30 flächenzentrierter Gitterstruktur gebildet wird und zur Er-
weiterung des elastischen Bereiches vor Aufbringung der Ar-
mierung (14) aus faserverstärktem Kunststoff um einen Be-
trag von bis zu etwa 25 %, insbesondere von kleiner etwa 15
%, kaltgereckt wird, indem ein in Form und Abmessung klei-
35 nerer Rohling des Liners (12) in eine Form oder ein Gesenk
verbracht wird, der Rohling des Liners (12) sodann mit ei-
nem hydraulischen oder pneumatischen Druckmedium beauf-
schlagt wird, derart, dass der Rohling des Liners (12) zu

dem in Form und Abmessung von Form oder Gesenk entsprechenden Liner (12) umgeformt und wenigstens mit der Form oder dem Gesenk zur Anlage kommt, und der Liner (12) der Form oder dem Gesenk entnommen wird.

5

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus einem U-Boot-Stahl gebildet wird.

10

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus der Metalllegierung 1.3914, 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964, 1.3965, 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 oder 27-7 Mo gebildet wird.

15

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) aus wenigstens zwei miteinander zu verschweißenden Einzelteilen zu einem Metallbehälter gefügt wird.

20

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) teilweise oder vollständig kaltgereckt wird.

25

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohling des Liners (12) durch konstanten Druck des hydraulischen oder pneumatischen Druckmediums an die Form oder dem Gesenk angepresst wird.

30

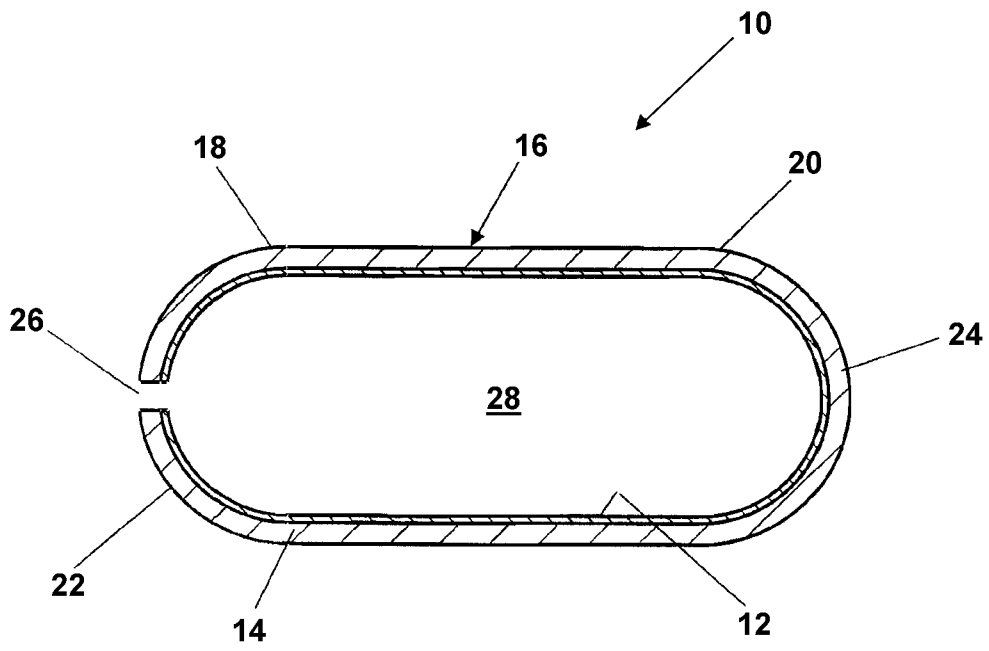
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12), insbesondere teilweise oder vollständig, vor Aufbringung der Armierung (14) aus faserverstärktem Kunststoff, vorzugsweise nach dem Schweißen, und ganz bevorzugt vor dem Kaltrecken, einer Aufstickbehandlung mittels Stickstoff oder Ammoniak unterzogen wird.

35

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12), insbesondere teilweise oder vollständig,

bei einer Temperatur von größer etwa 1.000 °C, insbesondere in einem Temperaturbereich zwischen etwa 1.000 und etwa 1.200 °C, mittels Stickstoff oder Ammoniak behandelt wird.

- 5 19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12) nach der Aufstick-Behandlung mittels Hochdruck-Schnellkühlung, insbesondere mit Stickstoff oder Argon, abgeschreckt wird.
- 10 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12), insbesondere teilweise oder vollständig, vor dem Kaltrecken einem Lösungsglügen unterzogen wird.
- 15 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Liner (12), insbesondere teilweise oder vollständig, nach dem Kaltrecken einem Tempern unterzogen wird.
- 20 22. Verwendung eines Druckbehälters nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Aufnehmen und Speichern von Flüssigkeiten, insbesondere von kryogenen Fluiden, vorzugsweise von Sauerstoff und Wasserstoff, in Fahrzeugen, insbesondere in Luftfahrzeugen oder Fluggeräten der Luft- und Raumfahrt,
- 25 vorzugsweise in Flugzeugen und Raumflugkörpern, insbesondere in Wasserfahrzeugen, vorzugsweise in einem U-Boot oder Luftkissenfahrzeug (Hovercraft), oder insbesondere in Landfahrzeugen, vorzugsweise in einem Personenkraftwagen, Personenbeförderungswagen, wie ein Bus oder Kleinbus, Lastkraftwagen oder Wohnmobil.
- 30



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/061712

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F17C1/14 F17C1/16 F17C1/06
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 00/57102 A1 (EXXONMOBIL UPSTREAM RES CO [US]) 28 September 2000 (2000-09-28) pages 11-13; figures 2-6	1-10,22
X	US 3 843 010 A (MORSE W ET AL) 22 October 1974 (1974-10-22) columns 1,4; figures 1-3	1-10,22
X	EP 2 163 325 A2 (BENTELER SGL GMBH & CO KG [DE]) 17 March 2010 (2010-03-17) the whole document	1-10,22

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 10 October 2012	Date of mailing of the international search report 23/10/2012
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Nicol, Boris
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/061712

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0057102	A1	28-09-2000	
		AR 018476 A1	14-11-2001
		AU 759148 B2	03-04-2003
		AU 2754100 A	09-10-2000
		CA 2366446 A1	28-09-2000
		CO 5241320 A1	31-01-2003
		DZ 3026 A1	27-03-2004
		EG 22596 A	30-04-2003
		ID 30382 A	29-11-2001
		MX PA01009558 A	12-08-2002
		NO 20014625 A	23-11-2001
		OA 12038 A	02-05-2006
		PE 15882000 A1	02-02-2001
		RU 2236635 C2	20-09-2004
		TW 460669 B	21-10-2001
		US 2002053573 A1	09-05-2002
		WO 0057102 A1	28-09-2000

US 3843010	A	22-10-1974	NONE

EP 2163325	A2	17-03-2010	
		CN 101676595 A	24-03-2010
		DE 102008047352 A1	15-04-2010
		EP 2163325 A2	17-03-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2012/061712

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F17C1/14 F17C1/16 F17C1/06
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F17C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 00/57102 A1 (EXXONMOBIL UPSTREAM RES CO [US]) 28. September 2000 (2000-09-28) Seiten 11-13; Abbildungen 2-6 -----	1-10,22
X	US 3 843 010 A (MORSE W ET AL) 22. Oktober 1974 (1974-10-22) Spalten 1,4; Abbildungen 1-3 -----	1-10,22
X	EP 2 163 325 A2 (BENTELER SGL GMBH & CO KG [DE]) 17. März 2010 (2010-03-17) das ganze Dokument -----	1-10,22

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>	<p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
--	---

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 10. Oktober 2012	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 23/10/2012
--	---

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Nicol, Boris
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/061712

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0057102	A1	28-09-2000	AR 018476 A1 14-11-2001
			AU 759148 B2 03-04-2003
			AU 2754100 A 09-10-2000
			CA 2366446 A1 28-09-2000
			CO 5241320 A1 31-01-2003
			DZ 3026 A1 27-03-2004
			EG 22596 A 30-04-2003
			ID 30382 A 29-11-2001
			MX PA01009558 A 12-08-2002
			NO 20014625 A 23-11-2001
			OA 12038 A 02-05-2006
			PE 15882000 A1 02-02-2001
			RU 2236635 C2 20-09-2004
			TW 460669 B 21-10-2001
			US 2002053573 A1 09-05-2002
			WO 0057102 A1 28-09-2000

US 3843010	A	22-10-1974	KEINE

EP 2163325	A2	17-03-2010	CN 101676595 A 24-03-2010
			DE 102008047352 A1 15-04-2010
			EP 2163325 A2 17-03-2010
